

Dzwigon Wieslaw  
 Cracow University of Technology, Institute of Roads and Railways  
 ul. Warszawska 24, 31-155 Kraków, Poland  
[wiesiek@transys.wil.pk.edu.pl](mailto:wiesiek@transys.wil.pk.edu.pl)  
 tel. (012) 628 21 78, (fax) (012) 632 66 09

## Qualität im ÖPNV – die Erhöhung und das Erhalten der Frequenz

### 1. Kostenaufwand der Verbesserung der Qualität

Es steht fest, dass der ÖPNV immer wieder den Standard der Passagierenbedienung erhöhen muss. Das ist eng sowie mit der wachsenden Konkurrenz auf dem Markt als auch mit der steigenden Motorisierung verbunden. Ohne den richtig funktionierenden ÖPNV kann man sich die Kommunikation in den Städten gar nicht vorstellen, deswegen ist es von Bedeutung die Fahrt so optimal wie möglich zu gestalten. Man soll zuerst das Verhältnis zwischen der Qualität der Bedienung, ihre Kosten und Preis analysieren. Es ist schwer zu sagen, ob Passagiere an dem Niveau der Qualität Interesse haben oder ob sie bereit wären, zusätzliche Kosten der Verbesserung der Qualität auf sich zu nehmen. Unter den heutigen Marktbedingungen lässt sich feststellen, dass man sich vor allem auf der Effektivität konzentrieren soll. Daher ist es wichtig klar zu machen, was der jeweilige Standard der Bedienung kostet und welche Nutzen (ökonomische oder funktionale) die Passagiere davon tragen werden können[1, 2].

Die Analyse kann verschiedene Aspekte betreffen, z. B.: Steigerung der Frequenz der öffentlichen Verkehrsmittel, Synchronisieren der Fahrpläne, Einführung der Niederfußfahrzeuge, Verkleinerungen der Anzahl des Umsteigens oder optische Vereinfachung der Fahrpläne. Ich möchte auch den Wachstum und das Erhalten der konstanten Frequenz der Bedienung besprechen.

### 2. Die Steigerung der Verkehrsfrequenz

Die Verkehrsfrequenz beeinflusst die Wartezeit und hiermit auch die Zeit der Reise. Es ist gleichzeitig auch ein Maß zur Verfügbarkeit der Verkehrsmittel aus dem Gesichtspunkt der Passagiere. Die Erhöhung der Verkehrsfrequenz hat positive Folgen wie z.B. Verminderung der Wartezeit der Passagiere, Anpassung an ihre individuellen Bedürfnisse, indem man auch die Zeit zum Erreichen des Reiseziels berücksichtigt. Letztendlich kann es auch zur Erhöhung der Zahl von Passagieren und somit auch zur Vergrößerung von Geldeinnahme (vom Verkauf der Fahrkarten) beitragen.

Wenn man folgende Bezeichnungen benutzt,

$L$	- die Länge der vollen Route der Buslinie [Km]
$v_e$	- Betriebsgeschwindigkeit [Km/Std]
$v_k$	- Verkehrsgeschwindigkeit [Km/Std]
$h$	- Busfolge, Zeitabschnitt zwischen den Fahrzeugen [Min]
$f$	- Frequenz, Verkehrshäufigkeit [Fahrzeug/Std]
$n$	- Anzahl der Fahrzeuge an einer Linie
$t_p$	- Gesamtsumme der Haltezeit an den Endstationen [Min]
$k_o$	- Betriebseinzelkosten [zl/km]
$zl$	Zloty – Währung in Polen

bekommt man folgende Formel:

- Zeit der vollen Route  $T_k$ :

$$T_k = \frac{60 \cdot L}{v_e} \quad (1)$$

- Durchschnittszeitabschnitt zwischen Fahrzeugen  $h$

$$h = \frac{T_k}{n} = \frac{60 \cdot L}{n \cdot v_e} \quad (2)$$

- Betriebskosten der Linie innerhalb einer Stunde  $K_L$ :

$$K_L = n \cdot v_e \cdot k_o = \frac{60 \cdot L \cdot k_o}{h} \quad (3)$$

- Betriebskosten für ein Kilometer der Linie innerhalb einer Stunde  $K_{L0}$ :

$$K_{L0} = \frac{K_L}{L} = \frac{60 \cdot k_o}{h} = k_o \cdot f \quad (4)$$

Veränderung der Verkehrsfrequenz von  $f_1$  in  $f_2$  (d.h. Veränderung des Zeitabschnitts zwischen Fahrzeugen von  $h_1$  in  $h_2$ ) verursacht folgende Veränderungen der Einzelkosten (wenn  $f_1 < f_2$ , dann kommt es zur Erhöhung der Kosten.)

$$\Delta K = (f_2 - f_1) \cdot k_o = \left( \frac{60}{h_2} - \frac{60}{h_1} \right) \cdot k_o \quad [\text{zl}] \quad (5)$$

Prozentige Erhöhung der Betriebskosten beträgt:

$$\Delta \bar{K} = \frac{f_2 - f_1}{f_1} \cdot 100 = \frac{h_1 - h_2}{h_2} \cdot 100 \quad [\%] \quad (6)$$

Veränderung der Betriebskosten der ganzen Linie bekommt man, indem man das Ergebnis von (5) und die Länge der Strecke  $L$  multipliziert.

Abb. 1. Unterhaltskosten eines Kilometers der Buslinie

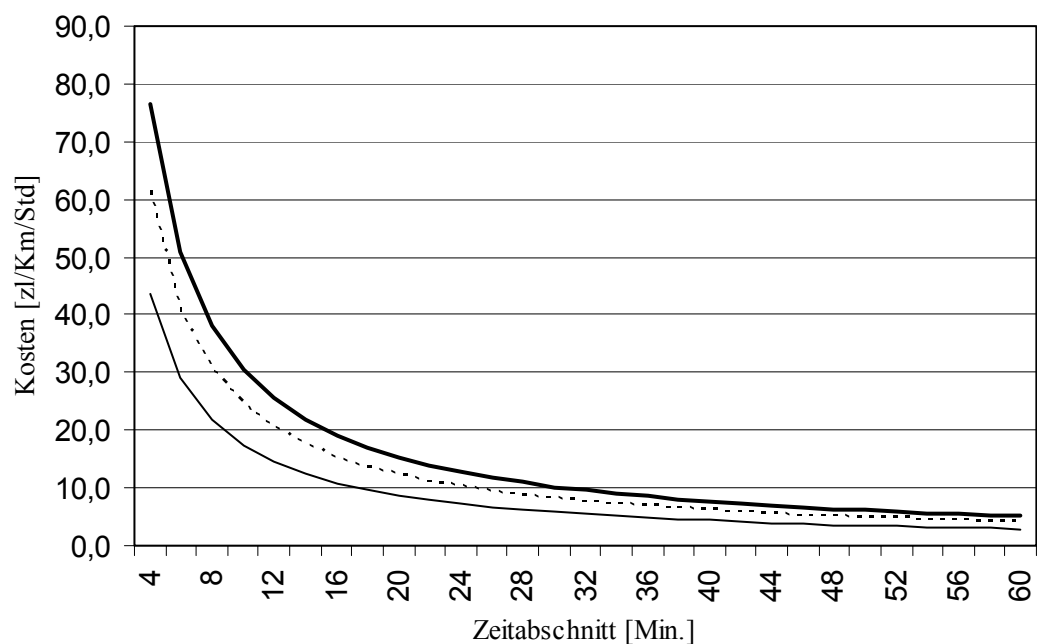


Tabelle 1 und Abbildung 1 stellen Betriebskosten der Buslinien für einige Frequenzen (verschiedene Zeitabschnitte zwischen den Fahrzeugen) für 3 Bustypen dar:

- der Bus mit 35 Plätzen, Autosan H-6 (Dauerlinie),
- der Bus mit 100 Plätzen, Jelcz 121MB (Strichlinie),
- der Bus mit 150 Plätzen der sog. Gelenkbus, Ikarus 280 (fettgedruckte Dauerlinie).

Tabelle 1. Unterhaltskosten eines Kilometers der Buslinie mit bestimmter Frequenz innerhalb einer Stunde.

Fahrzeugtyp	Kosten wzkm [zl/km]	Frequenz der Bedienung [Fahrzeug/Std]					
		1	2	3	4	5	6
Autosan H-6	2,9	2,90	5,80	8,70	11,60	17,40	29,00
Jelcz 121MB	4,1	4,10	8,20	12,30	16,40	24,60	41,00
Ikarus 280	5,1	5,10	10,20	15,30	20,40	30,60	51,00

### Beispiel 1

Die Busse IKARUS 280 (Gelenkbusse, 150 Plätze) fahren 8 km lange Strecke alle 10 Minuten mit der Betriebsgeschwindigkeit 17 Stundenkilometer. Die Zahl der Passagiere beträgt 1600 Personen pro Stunde (maximal 900 Personen/Std/Richtung). Man soll Linienunterhaltskosten, Zeitverlust der Passagiere, die auf den Bus warten müssen, bestimmen und Maßnahmen unternehmen, die den Standard verbessern sollen. In der Tabelle 2 stellt man Parameter der Linienbedienung sowohl vor als auch nach der Frequenzänderung zusammen.

Tabelle 2. Vergleich von Kosten und Parameter der Linienbedienung mit Frequenzveränderung.

Kosten und Parametr der Bedienung	Art und Weise der Bedienung		
	Vor und	Danach der Änderung	
	IKARUS 280 alle 10 Min.	JELCZ 121 alle 6 Min.	IKARUS 280 alle 6 Min.
Kosten des Verkehrsträgers			
Kosten für ein FzKm [zl]	5,1	4,1	5,1
Zahl der Fahrzeuge im Verkehr	6	10	10
Unterhaltskosten der Linie [zl/Std]	520	697	867
Erhöhung der Kosten [zl/Std]	-	<b>177</b>	<b>347</b>
Kostenerhöhung [%]	-	34	67
Bedienungsparameter			
Wartezeit [Min/Passagier]	6	4	4
Summe der Wartezeit [Std]	160	106	106
Verkürzung der Wartezeit [Std]	-	54	54
Wert der Wartezeit [zl/Std]	800	530	530
Profite für die Passagiere [zl/Std]	-	<b>270</b>	<b>270</b>
Ausfüllen der Stehplätze [Personen/m <sup>2</sup> ]	6,7	6,0	3,2
Das Verhältnis Nutzen/Kosten	-	270/177=1,5	270/347=0,8

Um die Linie zu bedienen sind 6 Busse erforderlich. Der Formel (3) nach, betragen die Unterhaltskosten der Linie 520zl/Std. Wartezeit für Gesamtzahl der Passagiere beträgt 160 Std. Wenn wir die Quote 5 zl pro Stunde als Zeitwert des Passagiers annehmen würden, ergäbe sich der Wert der Wartezeit aller Passagiere 800 zl. Um Wartezeit zu verkürzen, schlägt man die Verminderung des Zeitabschnittes zwischen den Bussen auf 6 Minuten vor. So wird diese Linie von Bussen JELCZ 121 MB (100 Plätze) oder Bussen IKARUS 280 (150 Plätze) bedient werden.

Diese Veränderungen waren äußerst positiv. Die Passagiere gewinnen 54 Stunden, und wenn man das in zl umrechnet, bekommt man 270 zl.

Der obige Beispiel deutet darauf hin, dass man dieselbe Standardverbesserung erreichen kann, indem man verschiedene Kosten trägt. Wenn man die Frequenz des Verkehrs vergrößert, könnte man auch die Fahrzeuge wechseln und solche benutzen, die geringere Kapazität haben. Die Veränderung von Frequenz und Fahrzeugen führt zur Erhöhung der Kosten um 177 zl.

Demgegenüber führt die Veränderung der Frequenz selbst zur Erhöhung der Kosten um 347 zl. Wenn man diese Veränderungen bewertet (letzte Zeile in der Tabelle 2, zieht man daraus einzig richtige Schlußfolgerung. Nur diese erste Variante ist rentabel. Das Verhältnis von Nutzen den getragenen Kosten gegenüber, ist größer als 1,0 und gleicht 1,5. Man soll immer den Ausmaß der Fahrzeugausfüllung überprüfen. (vorletzte Zeile).

## Beispiel 2

Die 12 km lange Strecke wird von Bussen Jelcz 121 MB bedient. Das sind Busse mit 100 Plätzen, ein Fahrzeugkilometer kostet 4,1 zl/km. Die Anzahl der Passagiere, die diese Buslinie benutzen, beträgt 300. Um festzustellen, ob Standardverbesserung rentabel ist, soll man die Erhöhung von Unterhaltskosten und Erhöhung vom Gewinn der Passagiere zusammenstellen. Man nimmt an, dass die Wartezeit der Hälfte der Zeitabschnittes zwischen den Fahrzeugen + eine Minute gleicht. Man muss also den optimalen Zeitabschnitt zwischen den Fahrzeugen finden, d.h. solch einen, wo der Wert von Kosten minimal ist. Kostenfunktion sieht dann folgendermaßen aus:

$$F = \frac{60 \cdot L \cdot k_0}{h} + \frac{M \cdot h \cdot k_p}{120} + \frac{M \cdot k_p}{60} \quad (7)$$

wobei:

- $L$  - die Länge der vollen Route der Buslinie [Km]
- $h$  - Zeitabschnitt [Min.]
- $M$  - die Anzahl der Passagiere, die diese Buslinie benutzen [Passagier/Std]
- $k_0$  - Einzelkosten des Fahrzeugbetriebs [zl/Km]
- $k_p$  - Wert der Zeit der Passagiere [zl/Std]

und optimale Busfolge stellt folgende Formel dar:

$$h = \sqrt{\frac{7200 \cdot L \cdot k_0}{M \cdot k_p}} \quad [\text{Min}] \quad (8)$$

In der zweiten Auffassung nimmt man an, dass die Wartezeit folgende Formel darstellt:

$$w = \frac{h}{2} \cdot \left( 1 + \frac{s_h^2}{h^2} \right) = \frac{h}{2} \cdot \left( 1 + \frac{1}{k} \right) \quad [\text{Min}] \quad (9)$$

wobei:

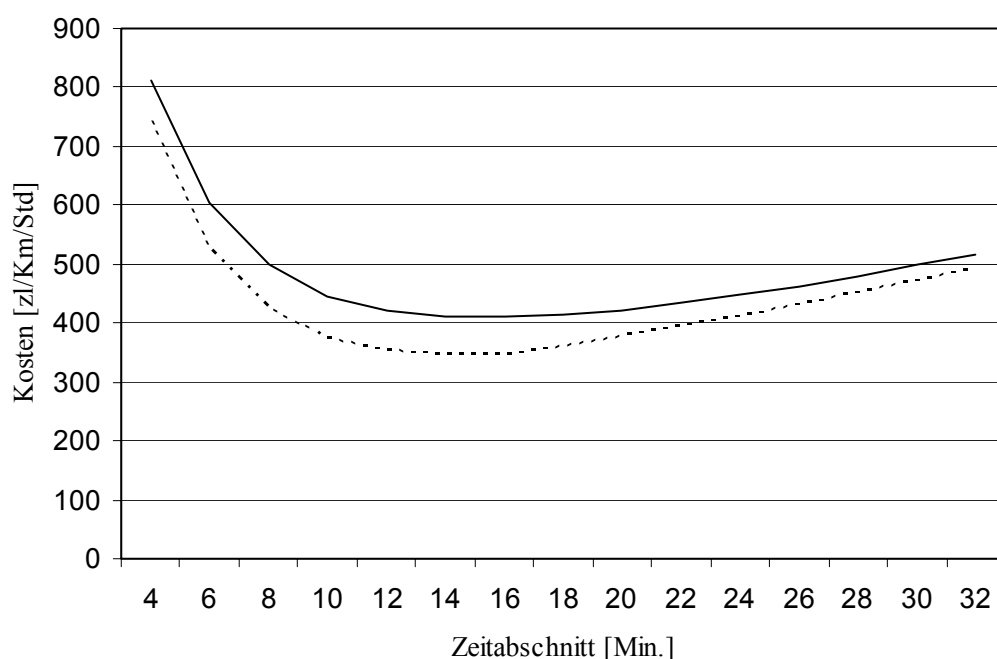
- $h$  - Zeitabschnitt [Min.]
- $s_h$  - Statistische Abweichung
- $k$  - Faktor vom Gamma-parameter

Man nimmt auch an, dass die Verkleinerung von Busfolge (d.h. Frequenzerhöhung) die Vergrößerung der Passagierzahl an der Linie verursacht. Damit sind auch eng die Einnahmen vom Fahrkartenverkauf verbunden. Es ist verhältnismäßig schwer zu beschreiben, welche Abhängigkeit zwischen der Bedarfserhöhung an einer Linie und den Qualitätsveränderungen im Rahmen der Bedienung besteht. Man hat sich sowohl der dänischen [3] als auch der polnischen [4] Untersuchungen bedient. Schlußfolgernd hat man relative Zahlen? der Bedarfsveränderung, die von der Busfolgeänderung verursacht worden sind, gefunden. (Tabelle 3)

Tabelle 3 Bedarfsveränderungen infolge der Zeitabschnittveränderung.

Zeitabschnitt [Min]	30	24	20	15	10	8
Bedarfsgröße [%]	100	125	145	180	200	120

Abb. 2. Zielfunktionswert in der Abhängigkeit von der Bedarfsänderungen



Die Abbildung 2 zeigt zwei Varianten, wie sich der Gesamtkostenwert an einer Linie (innerhalb von einer Stunde) ändert. Erste Variante: Bedarfsänderungen werden nicht berücksichtigt (Dauerlinie). Zweite Variante: mit Berücksichtigung der Bedarfsänderungen (Strichlinie). Im ersten Fall beträgt der optimale Zeitabschnitt zwischen den Bussen 15,4 min und Wert der Gesamtkosten beträgt 409 zl. Wenn man Bedarfsänderungen in Rücksicht nimmt, fällt die optimale Busfolge und erreicht 14,4 min. Kostenwert erreicht das Niveau von 344 zl. Man kann an diesen Beispielen deutlich erkennen, dass sich der optimale Zeitabschnitt kaum verändert, aber der Kostenwert ist eindeutig kleiner.

### 3. Das Erhalten der konstanten Frequenz (des konstanten Zeitabschnitt)

Die konstante Frequenz bedeutet das Erhalten des konstanten regelmässigen Zeitabschnittes zwischen den Fahrzeugen, die von der Haltestelle abfahren. Das ist das beste Verfahren, um gleichmässig den Passagierestrom in den Fahrzeugen zu verteilen. So bekommt man optische Vereinfachung der Fahrpläne (sog. „runder“ Zeitabschnitt). Beispielsweise:

- Abfahrt in der 8. Minute jeder Stunde (beim Zeitabschnitt 60 Minuten);
- Abfahrt in der 8., 28. und 48. Minute jeder Stunde (beim Zeitabschnitt 20 Minuten).

Es ist leicht sich Zeitabschnitte 10, 12, 15, 20, 30 und 60 Minuten zu merken. Nur in manchen Situationen kann man die konstante Frequenz ohne spezielle Verfahren bekommen. Das ist möglich nur unter den besonderen Verhältnissen zwischen folgenden Buslinienparametern : Länge der Linie, Haltezeit an den Endstationen, Betriebs – oder Verkehrsgeschwindigkeit und die Anzahl der Fahrzeuge an einer Linie. In den sonstigen Fällen sollte überlegen, ob man vielleicht nicht andere Vorschläge unternehmen konnte, beispielsweise:

- die Haltezeit an den Endstationen verlängern oder gering verkürzen;
- die Länge der Buslinie verlängern oder verkürzen;
- die Anzahl der Fahrzeuge ändern.

Jede von diesen Methoden hat ihre Nachteile. Verlängerung der Haltezeit verursacht die Erhöhung des Anteils der konstanten Kosten an der Linie. Das bedeutet uneffektive Ausnutzung der Fahrzeuge. Verkürzung der Haltezeit verkleinert konstante Kosten, das könnte aber das Erhalten von Pünktlichkeit bedrohen. Infolgedessen können die Verspätungen an weitere Fahrten übertragen werden. Verlängerung der Linie verursacht die Erhöhung der Betriebskosten, aber andererseits kann es zur Erhöhung der Passagierenzahl kommen. Wenn man die Linie verkürzt, werden die Betriebskosten automatisch kleiner. Das betrifft auch die Zahl der Passagiere (Geldeinnahme). Eventuell verwenden die Menschen andere Linie. Es gibt auch zusätzliche Probleme, wie z.B. die Notwendigkeit neue Endstation zu finden. Betriebskosten sind proportional zu der Zahl der Fahrzeuge.

Man kann drei gleichwertige Gleichungen formulieren:

$$L = v_k \cdot (n \cdot h - t_p) / 60 \quad (10)$$

$$t_p = n \cdot h - \frac{60 \cdot L}{v_k} \quad (11)$$

$$n = \frac{1}{h} \cdot \left( \frac{60 \cdot L}{v_k} + t_p \right) \quad (12)$$

wobei:

- $L$  - die Länge der vollen Route der Buslinie [Km]
- $v_k$  - Verkehrsgeschwindigkeit [Km/Std]
- $h$  - Busfolge, Zeitabschnitt zwischen den Fahrzeugen [Min]
- $n$  - Anzahl der Fahrzeuge an einer Linie
- $t_p$  - Gesamtsumme der Haltezeit an den Endstationen [Min]

Jede von diesen Formeln dient der Wahl des einzelnen Parameters bei fixierten anderen Parametern und bei dem fixierten konstanten Zeitabschnitt. Kosten der Anpassung der Linienparameter kann man anhand von Formeln (3) bis (6) rechnen. Tabellen 4 und 5 stellen erforderliche Linielänge für Zeitabschnitte von 15 und 30 Minuten und für verschiedene Haltezeit von 8 bis 24 Minuten dar (Verkehrsgeschwindigkeit gleicht 20 Stundenkilometer). In den Tabellen stellt man die Linielänge zusammen, die der Hälfte gesamter Route der Buslinie gleichen (von Formel (10)). Diese Tabellen dienen auch der günstigen Wahl der erforderlichen Haltezeit an den Endstationen.

Man kann feststellen, dass nur die Linielängen in der Nähe von der Hauptdiagonale effektiv benutzt werden können. In den Tabellen befinden sich zwei Gebiete, die für die rationelle Ausnutzung nicht geeignet sind. Das erste Gebiet in der rechten oberen Ecke der Tabelle – hier haben wir mit kurzen Linien und langer Haltezeit an den Endstationen zu tun. An diesen Linien ist das Verhältnis der Haltezeit zur Reisezeit gross. Das bedeutet einen grossen Anteil der konstanten Kosten an der Linie (uneffektive Ausnutzung der Fahrzeuge und des Fahrers). Das zweite Gebiet in der linken unteren Ecke umfasst die Linie mit der kurzen Haltezeit. Das bedroht das Erhalten der Pünktlichkeit.

Problematisch ist beim Erhalten der konstanten Frequenz die Veränderung der Verkehrsstärke innerhalb des ganzen Tages. Die Erhöhung der Verkehrsstärke in der Spitzenbelastungszeit und die Tatsache, dass oft bestimmte für ÖPNV Spuren fehlen, sind Ursachen für den Einsatz von zusätzlichen Fahrzeugen an der Linie. Deswegen steigern die Reisezeiten und Haltezeiten an den Endstationen werden geringer. In dieser Situation müssen wir entweder den Zeitabschnitt erhöhen oder zusätzliche Fahrzeuge einsetzen (um vorigen Zeitabschnitt weiterzuerhalten). In Tabelle 6 stellt man die Haltezeit an den Endstationen für verschiedene Verkehrsgeschwindigkeiten zusammen (die Linienlänge beträgt 7 km). In Tabelle 6 kann man bemerken, dass das Einsetzen von nur 2 Bussen für die Linienbedienung nicht ausreicht. Gesamtsumme der Haltezeit beträgt 7 Minuten oder weniger. Also braucht man 3 Busse, und bei der sich verkleinernden Geschwindigkeit werden sogar 4 Busse erforderlich.

Tabelle 4. Erforderliche Linienlänge für den Zeitabschnitt 15 Minuten.

Anzahl der Fahrzeuge	Gesamtsumme der Haltezeit an den Endstationen [Min.]				
	8	10	12	18	24
3	6,2	5,8	5,5	4,5	3,5
4	8,7	8,3	8,0	7,0	6,0
5	11,2	10,8	10,5	9,5	8,5
6	13,7	13,3	13,0	12,0	11,0
7	16,2	15,8	15,5	14,5	13,5

Tabelle 6. Gesamtsumme der Haltezeit an den Endstationen [Min.] für Zeitabschnitt von 15 Minuten und Linienlänge von 7 km.

Anzahl der Fahrzeuge	Verkehrsgeschwindigkeit [Km/Std]						
	22	21	20	19	18	17	16
2	7	5	3	1	-2	-4	-8
3	22	20	18	16	13	11	8
4	37	35	33	31	28	26	23
5	52	50	48	46	43	41	38

### Beispiel

Die Linie wird von den Bussen JELCZ 121 MB (100 Plätze) bedient. Parameter dieser Linie sind folgende:

- die Länge der vollen Route der Buslinie 13,2 Km;
- Zeitabschnitt 18 Minuten;
- Gesamtsumme der Haltezeit an den Endstationen 10 Minuten;
- Verkehrsgeschwindigkeit 18 Stundenkilometer;
- Anzahl der Fahrzeuge 3
- Betriebseinzelkosten 4,1 zl/Km
- Unterhaltskosten der Linie 180 zl/Std

Man soll auch Massnahmen unternehmen, die optische Vereinfachung der Fahrpläne ermöglichen. Es werden einige Möglichkeiten vorgeschlagen, um Zeitabschnitte von 15 oder 20 Minuten einzuführen. Tabelle 7 stellt die Ergebnisse dar. Die Abrechnungen deuten darauf hin, dass

das Einführen von zusätzlichen Bussen grosse Erhöhung der Unterhaltskosten verursacht (6a i 6b). Verkürzung der Haltezeit ist unmöglich, weil die Haltezeit zu kurz ist (2). Sie beträgt nur 1 Minute. Andere Verfahren bewirken die geringen Änderungen in den Kosten.

Tabelle 7. Parameter der Linie bei dem „runden“ Zeitabschnittwert.

Art und Weise der Bedienung		Parametr der Linie				
		Zahl der Fahrzeuge	Zeitabschnitt [Min.]	Haltezeit [Min.]	Linienlänge [Km]	Unterhaltskosten [zl/Std]
	linia pierwotna	3	18	10	13,2	180
1	Verlängerung der Haltezeit	3	20	16	13,2	162
2	Verkleinerung der Haltezeit	3	15	1	13,2	216
3	Verkleinerung der Linienlänge	3	15	10	10,5	172
4	Verlängerung der Linienlänge	3	20	10	15	184
5	Wydłużenie linii i czasu postoju	3	20	12	14,4	177
6a	*)	4	20	10	21	258
6b	**)	4	15	10	15	246

\*) Veränderung der Zahl von den Fahrzeugen, Verlängerung der Linienlänge und Verlängerung des Zeitabschnittes

\*\*) Veränderung der Zahl von den Fahrzeugen, Verlängerung der Linienlänge und Verkleinerung des Zeitabschnittes

#### 4. Schlußfolgerungen

Die Verkürzung eines sehr langen Zeitabschnittes verursacht keinen großen Kostenzuwachs, aber die Verbesserung der Bedienungsqualität für die Passagiere ist wesentlich deutlicher. Demgegenüber bringt die Verkürzung der Busfolge da, wo die Verkehrsfrequenz hoch ist, kaum erkennbare Verkürzung der Wartezeit der Passagiere. Kostenerhöhung ist ziemlich groß aber Passagiere können keine deutliche Verbesserung erkennen.

Jetzt zum Fahrplan, der vor allem einfach zu merken sein soll. Um dies zu erreichen sollte man sich des sog. „runden“ Busfolgewerts bedienen. Die Linienparameter muß man so zusammenstellen, damit die Zeitsumme der Fahrt hin und zurück und Haltezeit an den Endstationen eine Vielfache des erforderlichen Zeitabschnitts bildet. Kostenerhöhung ist so lange gering bis man die zusätzlichen Busse nicht einsetzt. Damit man aber eine stabile Zeitabfolge zwischen den Bussen erhält, ist es notwendig die zusätzlichen Busse einzusetzen.

Der nächste Schritt zur Auswertung der Standardverbesserung ist eine gründliche und detaillierte Kostenanalyse mit ihrer Aufteilung in Konstante und Variable.

#### Literatur

- [1] Rudnicki A.: Jakość komunikacji miejskiej. Zeszyty Naukowo-Techniczne Oddziału SITK w Krakowie, Zeszyt nr 71, Kraków 1999.
- [2] Rudnicki A, Dźwigoń W. i inni.: Kryteria i mierniki oceny miejskiej komunikacji zbiorowej. Izba Gospodarcza Komunikacji Miejskiej, Warszawa 1999.
- [3] Hansen Ch.O.: Improvement and rationalizations of bus service in rural areas of Denmark. Transportation Research, vol. 22A, no. 1, 1988
- [4] Maj-Łabuz K.: Analiza potoków pasażerskich na linii 104. Dział Organizacji Przewozów i Badań Rynku MPK S.A. w Krakowie, 1998.